

水电站运行中值班人员技能要求与培训实践及应用

余安剑

国家能源集团云南电力有限公司六郎洞（大寨）分公司

DOI:10.12238/hwr.v9i5.6342

[摘要] 随着智能水电站转型加速,值班人员的技能体系面临"人机协同"的迭代需求。本文通过分析水电站运行智能化对人员能力结构的重构,提出"安全操作-数据分析-应急决策"三维能力模型,结合某大型水电站实证数据验证分层培训体系对运行效率提升效果。研究表明,基于智能场景的模块化培训能显著提升事故响应效率,为水电行业人才培养提供新范式。通过构建完整的培训评估体系和长效发展机制,实现了值班人员技能的持续提升。

[关键词] 水电站运行; 值班人员; 技能培训; 智能运维

中图分类号: TV74 **文献标识码:** A

Skill requirements, training practice and application of on duty personnel in the operation of hydropower stations

Anjian Yu

National Energy Group Yunnan Electric Power Co., Ltd. Liulangdong (Dazhai) Branch

[Abstract] With the acceleration of the transformation of intelligent hydropower, the skill system of duty personnel is facing the iterative demand of "human-machine collaboration". This article analyzes the reconstruction of personnel capability structure by the intelligent operation of hydropower stations, proposes a three-dimensional capability model of "safe operation data analysis emergency decision-making", and verifies the effect of hierarchical training system on improving operational efficiency with empirical data from a large hydropower station. Research has shown that modular training based on intelligent scenarios can significantly improve accident response efficiency and provide a new paradigm for talent cultivation in the hydropower industry. By establishing a complete training evaluation system and long-term development mechanism, the continuous improvement of the skills of duty personnel and the effective inheritance of knowledge have been achieved.

[Key words] operation of hydropower stations; Duty personnel; Skill training; Intelligent operation and maintenance

引言

国际水电协会2023年报告指出,全球大部分水电站已进入智能化改造阶段,但人员技能滞后问题导致设备效能出现明显损失。我国《新型电力系统发展纲要》明确提出“人机协同”的水电运行新要求。传统以设备操作为核心的培训体系已难以应对多源数据融合、智能告警处理等新挑战。水电站智能化转型不仅带来了设备和系统的升级,更对运行人员的知识结构和技能水平提出了更高要求。值班人员需要在掌握传统运行技能的基础上,进一步提升数字化应用能力和综合决策水平。本文通过构建“能力-培训-应用”闭环模型,探索适应新型电力系统的值班人员培养路径。

1 智能化转型对值班人员技能要求重构

1.1 传统技能与智能技能的耦合关系

随着水电站智能化程度不断提升,值班人员的技能结构正在发生深刻变化。调研数据显示,传统的基础操作技能占比逐年下降,而数字化、智能化相关的新型技能需求持续上升。在基础操作层面,安全规程执行、设备巡检等传统技能仍是重要基础,但其在整体技能构成中的比重已有所下降。值班人员需要将传统技能与智能化手段有机结合,实现运行效率的整体提升^[1]。如今,SCADA系统诊断、数字孪生操作等智能应用技能的重要性日益凸显,成为值班人员必备的核心能力。智能化系统的广泛应用要求值班人员具备数据分析和系统操作的复合能力,能够准确理解和处理系统产生的各类信息。在决策支持层面,多源数据分析、智能预案生成等复合型能力也逐渐成为衡量值班人员专业

水平的重要指标。这就要求值班人员需要建立起完整的知识体系,包括电气、机械、水力学等传统专业知识,以及计算机、自动化、数据分析等新兴领域知识。这种知识结构的转变对培训体系提出了新的要求,需要采用更加灵活和高效的培训方式。

1.2 典型能力缺口案例分析

近年来,随着水电站智能化转型步伐的加快,值班人员对智能系统适应能力不足的问题日益凸显,由此引发了多起影响较大的典型事故。在某大型水电站,智能告警系统刚投入使用时,由于值班人员对系统发出的告警信息理解出现偏差,未能准确判断信息的紧急程度和关联故障点,按照以往经验进行处理,忽视了一些关键的告警提示,从而延误了最佳处置时机,最终导致机组非计划停运,这不仅使电站的电力生产遭受严重损失,还对区域供电稳定性造成负面影响,充分暴露出值班人员在面对新型智能系统时,信息判断和响应速度方面存在明显短板^[2]。而在混合现实巡检系统的应用场景中,同样出现了问题,部分值班人员在利用该系统进行巡检时,对虚拟增强信息的判读与操作存在较大困难,比如难以快速识别虚拟信息所对应的实际设备部件,对设备异常状态的虚拟提示理解不透彻,操作流程也不够熟练,使得巡检工作进展缓慢,大大降低了巡检效率。综合这些案例可以看出,当前值班人员存在显著的能力缺口:对智能系统的理解和应用能力不足,不能充分挖掘智能化设备的潜在功能,无法发挥其应有的优势;面对复杂故障时,缺乏系统性的分析和处理能力,难以从多个故障表象中梳理出内在逻辑关系,进而精准定位故障根源并有效解决;跨专业协同能力欠缺,不同专业的值班人员之间沟通不畅、协作不紧密,极大地影响了团队整体应急处置效率。鉴于此,在新技术应用培训中,应着重强化实践环节,通过增加模拟实战场景、开展现场实操演练等方式,帮助值班人员增强对新技术的感性认识,让他们在实践中不断提升技能,更好地适应智能化水电站的运行需求^[3]。

2 分层递进式培训体系构建

2.1 基于Dreyfus模型的技能分级框架

借鉴Dreyfus技能获取模型,本研究将值班人员技能等级划分为初级、中级和高级三个层次,构建符合水电站智能化转型需求的人才培养体系。这种分层培养模式充分考虑了不同层次人员的知识基础和能力特点,有助于实现培训效果的最大化。

初级阶段重点培养基础操作技能和安全意识,通过标准化培训确保操作规范性。培训内容包括水电站系统构成、设备基本原理、标准操作流程、安全规程等基础知识,以及巡检规范、倒闸操作、设备维护等实操技能。在培训方式上,采用理论学习和实操训练相结合的方式,通过课堂教学帮助学员构建基础知识框架,通过现场实践强化操作技能。特别注重安全意识的培养,通过典型案例分析和事故警示教育,培养值班人员的风险防范意识。同时,通过模拟训练平台,让值班人员在安全环境中熟悉各类标准操作流程,为后续技能提升打下坚实基础。

中级阶段注重智能系统应用能力的提升,包括数据分析、故障诊断等进阶技能。随着水电站智能化程度不断提高,值班人员

需要具备更强的系统应用能力。在这一阶段,培训重点转向智能化系统的深入应用,包括SCADA系统操作、DCS控制系统应用、智能告警分析、设备状态监测等内容。通过深入学习智能化系统的工作原理和功能特点,培养值班人员对系统的深入理解和灵活运用能力。培训过程中特别强调实战能力的培养,通过真实案例教学和实战演练,提升值班人员的问题分析和处理能力^[4]。同时注重培养数据分析思维,使值班人员能够从海量运行数据中发现问题和规律,为优化运行和预防故障提供依据。

高级阶段则着重培养综合决策能力,使值班人员具备复杂问题处理和创新改进的能力。这一阶段的培训对象主要是经验丰富的骨干人员,培训内容涉及系统优化、预案制定、团队管理等高层次议题。通过组织高级研修班、专题研讨会等形式,深入探讨水电站运行管理中的重点难点问题。培训中特别注重培养学员的系统思维和创新能力,鼓励他们突破传统思维模式,探索运行管理的新方法和新思路。同时,也要求他们承担起技术传承和团队建设责任,发挥示范引领作用。

2.2 虚实融合训练模式创新

为提高培训效果,研究开发了基于虚实融合的训练系统。该系统整合了最新的虚拟现实、增强现实和人工智能技术,实现了理论学习、实操训练和效果评估的有机结合。三维数字电站模拟系统采用高精度建模技术,真实还原了电站设备布局和操作环境,能够模拟各类常见故障和紧急情况^[5]。系统不仅支持单人训练,还可开展多人协同演练,有效提升团队应急处置能力。通过长期实践证明,这种沉浸式的训练方式能够显著提升学习效果,加快技能掌握的速度。

增强现实巡检训练系统则实现了虚拟信息与实际场景的完美结合。系统通过高精度定位技术,能够准确识别现场设备,并叠加显示设备参数、运行状态、操作指南等关键信息。这种直观的信息展示方式,大大提高了巡检培训的效率和质量^[6]。系统还具备录制和回放功能,方便事后分析和经验总结。特别是在新员工培训中,这种可视化的指导方式收到了良好效果。

智能教练系统是虚实融合训练平台的重要组成部分。系统采用先进的人工智能算法,能够实时监测和分析学员的操作行为,及时发现潜在风险和不规范操作。通过建立详细的操作行为模型,系统可以精确评估学员的操作水平,并提供有针对性的改进建议。同时,系统还能够根据学员的学习进度和能力特点,自动调整训练内容和难度,实现个性化培训。这种智能化的训练方式显著提高了培训效率,也为培训质量评估提供了客观依据。

2.3 动态评估机制设计

采用Kirkpatrick四层次评估模型,构建了全方位的培训效果评估体系。在反应层面,通过问卷调查和深度访谈,全面收集学员对培训内容、方式、资源等方面的反馈意见。这些直接反馈有助于及时发现培训中存在的问题,为改进培训提供参考。在学习层面,建立了理论和实操相结合的考核机制,通过笔试、实操考核、案例分析等多种方式,全面检验学员的知识掌握程度和技能水平。

行为层评估主要关注培训内容在实际工作中的应用情况。通过设置跟踪观察期,对学员培训后的工作行为变化进行持续观察和记录。重点关注新知识新技能的应用频率和效果,以及在实际工作中解决问题的能力提升情况。在结果层面,则着重分析培训对工作绩效的实际影响,包括运行指标改善、事故率下降、设备效能提升等方面的量化数据。

为使评估更加直观和系统化,研究开发了能力雷达图评估工具。该工具从专业知识、操作技能、分析能力、管理能力等多个维度,对值班人员的综合素质进行评估。每个维度都设置了详细的评分标准和权重,采用定量与定性相结合的方式进行评估。通过定期评估和数据分析,能够直观展示每位值班人员的能力特点和发展变化,为制定针对性培训计划提供重要依据。同时,评估结果也作为人员晋升和职业发展的重要参考,有效调动了值班人员参与培训的积极性。通过建立科学的评估体系,不仅能够客观评价培训效果,也为培训体系的持续优化提供了可靠支撑。

3 实践应用与效果验证

3.1 某流域电站试点项目

为有效验证培训体系效果,特选取国内某具有行业代表性的重要流域典型大型水电站,开展为期六个月的分阶段培训实践,利用其典型特征来充分检验培训体系的适用性。此次培训内容全面,覆盖传统技能强化、智能系统应用和综合能力提升三大领域:传统技能注重巩固基础操作,智能系统应用着眼于新兴技能,综合能力提升聚焦数据分析、预案生成及团队协作。在实施过程中,采用“集中培训+岗位实践+在线学习”的多元模式,其中集中培训由专家授课构建知识框架,岗位实践助力人员于实际工作积累经验,在线学习平台提供丰富资源满足自主学习需求,确保培训效果。培训期间,通过组建学习小组、举办技能竞赛营造积极学习氛围,激发学习热情,并聘请专家担任导师给予针对性指导。最终培训成效显著,值班人员在智能告警处理、故障处置和跨专业协同方面取得长足进步,能够快速准确处理告警信息,高效应对复杂故障,在应急演练中团队协作更加默契,处置流程也更为规范。

3.2 培训成果转化机制

为确保培训效果持续发挥作用,一套完整的“培训-考核-上岗-反馈”闭环机制得以建立。在这一机制下,通过严格的考核认证,保证值班人员拥有符合相应岗位要求的知识与技能。同

时,建立起定期评估和动态调整机制,以便及时察觉并解决工作中出现的各类问题。此外,专门开发的知识管理系统(KMS)发挥了重要作用,它以结构化的存储方式,有效留存培训过程中积累的经验数据,涵盖各类培训资料、案例分析以及操作经验等,为持续优化培训内容提供了有力支撑,也方便值班人员随时查阅学习。该系统还具备经验分享交流功能,促进了团队整体水平的提升。通过这一系列长效机制,培训成果切实转化为工作效能的提升,培训不再是一次性活动,而是深度融入日常工作的持续过程。并且,借助将培训效果与职业发展挂钩的激励机制,进一步激发了值班人员参与培训的积极性。

4 结语

本文构建的智能水电值班人员培训体系,通过实证研究验证了其有效性。研究表明,系统化的培训体系对提升值班人员综合素质具有重要作用。未来需重点关注人工智能辅助培训系统的深度开发,以及人机权责边界的动态适配机制。由于技术的不断进步,培训方式和内容也需要持续更新和优化。建议行业建立统一的数字技能认证标准,推动培训资源云端共享,进一步提升水电站运行人员的整体素质。同时,要注重培养值班人员的创新意识和学习能力,使其能够更好地适应智能化发展带来的新要求。

[参考文献]

- [1]宋万礼,严尔治,孙永红.流域集控模式下水电站无人值班技术支撑体系研究[J].机电工程技术,2023,52(7):186-190.
- [2]董峰,李薏.智能对象化水电调平台智能告警设计与应用[J].水电站机电技术,2024,47(6):81-83,100.
- [3]赵阳,毛琦,王放,等.感知智能化交互系统在华光潭电厂的应用[J].水电站机电技术,2019,42(12):21-23.
- [4]曹娅.Dreyfus技能输出获取模型在营养学课程教学中的应用[J].河南农业,2020,(12):30-32.
- [5]俞云,莫勇.基于虚拟现实技术的变电站技能培训系统实现与应用[J].广西电力,2020,43(4):38-40,59.
- [6]刘子俊,简学之,时伯年,等.基于增强现实技术的智能变电站设备运维仿真[J].南方电网技术,2019,13(11):69-75.

作者简介:

余安剑(1994--),男,汉族,云南宣威人,助理工程师,本科,研究方向:水电站运行值班。